



PATENT APPLICATION

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

September 18, 2003

Applicants : Bernd BARTHEL et al  
For : HIGH-STRENGTH EROSION ELECTRODE  
Serial No. : 09/919 537 Group: 1725  
Confirmation No.: 4891  
Filed : July 31, 2001 Examiner: Elve  
Atty. Docket No.: Missling Case 325A  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

RECEIVED  
SEP 25 2003  
TC 1700

**PRIORITY DOCUMENT TRANSMITTAL, AND CLAIM OF PRIORITY**


Sir:

Applicants hereby claim the right of priority based on  
German Serial No. 196 35 775.6, filed September 4, 1996.

Enclosed are:

- [X] A certified copy of the priority application in  
support of the claim of priority.
- [X] Acknowledgment Postal Card.

Respectfully submitted,

  
Terryence F. Chapman

TFC/smd

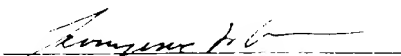
FLYNN, THIEL, BOUTELL  
& TANIS, P.C.  
2026 Rambling Road  
Kalamazoo, MI 49008-1631  
Phone: (269) 381-1156  
Fax: (269) 381-5465

Dale H. Thiel	Peg. No. 24 323
David G. Boutell	Peg. No. 25 072
Ronald J. Tanis	Peg. No. 22 724
Terryence F. Chapman	Peg. No. 32 549
Mark L. Maki	Peg. No. 36 589
David S. Goldenberg	Peg. No. 31 237
Sidney B. Williams, Jr.	Peg. No. 24 949
Liane L. Churney	Peg. No. 40 694
Brian R. Tumm	Peg. No. 36 328
Robert J. Sayfie	Peg. No. 37 714

Encl: Listed above

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence is being  
deposited with the United States Postal Service as first class  
mail in an envelope addressed to: Assistant Commissioner for  
Patents, Washington, DC 20231 on September 18, 2003.

  
Terryence F. Chapman

122.05/03

$\frac{1}{2} \times 10^{-6}$  m  
7000 Å  
 $1.5 \times 10^{-6}$  m



Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Handwritten signature: H. L.

**Hiebinger**

4. Sept. 1996  
Mi/Zu 96.148PM

5

10

Berkenhoff GmbH, Berkenhoffstraße 14,  
D-35452 Heuchelheim

15

<b>Hochfeste Erodierелеktrode</b>
-----------------------------------

20

Patentansprüche:

25

30

35

40

1. Verfahren zur Herstellung einer hochfesten Erodierелеktrode mit einem Kern aus Stahl, einer Zwischenschicht aus Kupfer oder einer hochkupferhaltigen Legierung und einer Mantelschicht aus einer mindestens 40 % Zink enthaltenden Legierung, dadurch gekennzeichnet, daß als Kern ein Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,6 bis 1 Gew.% verwendet wird, auf dem die Zwischenschicht aus Kupfer oder einer hochkupferhaltigen Legierung aufgebracht wird, daß auf der Zwischenschicht eine Mantelschicht aus Zink oder einer hochzinkhaltigen Legierung aufgebracht wird, daß der Draht vor einer ersten Zwischenglühung einer Diffusionsglühung derart unterworfen wird, daß zum einen die Mantelschicht eine Legierung mit einem Zinkgehalt bildet, deren Schmelzpunkt höher ist als die für das Patentieren des Stahlkernes erforderliche Austenitisierungstemperatur und zum anderen der Diffusionsvorgang solange durchgeführt wird, daß unter Berücksichtigung einer bzw. mehreren

folgenden Patentierungen des Erodierdrahtes die Mantelschicht die gewünschte Zusammensetzung und Stärke hält, wobei die Erodiererelektrode bei jedem Zwischenglühen patentiert wird.

- 5        2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Ausgangsdraht ein patentierter Stahldraht, der mit einer Kupferzwischenschicht versehen ist, eingesetzt wird, daß auf der Zwischenschicht eine hochzinkhaltige Mantelschicht aufgebracht wird, daß anschließend
- 10        der Draht einer Diffusionsglühung derart unterworfen wird, daß sich eine Messingmantelschicht vorbestimmter Zusammensetzung und Stärke ergibt und daß die Erodiererelektrode nach jedem Verformungsabschnitt vor Erreichen ihres Enddurchmessers patentiert wird.
- 15        3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Mantelschicht nach der ersten Diffusionsglühung einen Zinkgehalt aufweist, der 60 % nicht übersteigt.
- 20        4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgangsdraht einen Kerndurchmesser von 0,8 mm und eine Schichtstärke der Zwischenschicht von 0,1 mm aufweist, daß die auf der Zwischenschicht aufgebrachte Mantelschicht 30  $\mu\text{m}$  beträgt, daß der Draht dann einer Diffusionsglühung bei 400°C über 4
- 25        h unterworfen wird und anschließend auf einen Durchmesser von ca. 0,4 mm gezogen wird, daß der Erodierdraht danach patentiert und anschließend unter gegebenenfalls weiteren Patentierungen auf seinen Enddurchmesser gezogen wird.
- 30        5. Erodiererelektrode mit einem Kern aus Stahl, einer Zwischenschicht aus Kupfer oder einer hochkupferhalti-

gen Legierung und einer Mantelschicht mit mindestens 40 % Zink, dadurch gekennzeichnet, daß der Stahlkern ein patentiertes Gefüge mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,6 bis 1 Gew.% aufweist, der einen Flächenanteil des  
5 Kernes 50 bis 75 % des Durchmesser der Erodierелеktrode einnimmt, daß die Zwischenschicht einen Flächenanteil von 5 bis 40 % und die Mantelschicht einen Flächenanteil von 10 bis 30 % aufweist und daß der Zinkgehalt der Mantelschicht zwischen 40 und 60 Gew.% be-  
10 trägt.

6. Erodierелеktrode nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitfähigkeit der Erodierелеktrode mindestens 10 vorzugsweise größer 12 S·m/mm<sup>2</sup> beträgt.

7. Erodierелеktrode nach Anspruch 5 oder 6, dadurch  
15 gekennzeichnet, daß die Zwischenschicht aus Kupfer mit einem geringen Silberanteil besteht.

8. Erodierелеktrode nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenschicht aus CuAgI besteht.

9. Erodierелеktrode nach einem der Ansprüche 5 bis 8,  
20 dadurch gekennzeichnet, daß die Festigkeit der Erodier-  
елеktrode mindestens 1800 N/mm<sup>2</sup>, vorteilhaft mindestens 2000 N/mm<sup>2</sup> beträgt.

4. Sept. 1996  
Mi/Zu 96.148PM

5

10

Berkenhoff GmbH, Berkenhoffstraße 14,  
D-35452 Heuchelheim

15

### Hochfeste Erodierелеktrode

20

#### Beschreibung:

25

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Drahtelektrode für das Funkenerodierverfahren sowie eine Drahtelektrode für dieses Verfahren, welche aus einem Kern aus Stahl, einer Zwischenschicht aus Kupfer oder einer hochkupferhaltigen Legierung und einer Mantelschicht mit mindestens 40 % Zink besteht.

30

35

Mehrlagig aufgebaute Drahtelektroden, die einen Kern aus Stahl, eine um den Kern angeordnete Zwischenschicht aus Kupfer und eine äußere zinkenthaltende Mantelschicht aufweisen, sind bekannt, beispielsweise aus der DE-PS 29 06 245. Alle bekannten Drahtelektroden, die mit einer Stahlseele ausgebildet sind, weisen zwar eine im Vergleich zu Kupfer- oder Messingelektroden erhöhte Festigkeit auf, jedoch zeigen alle diese Erodierелеktroden den Nachteil, wenn sie vergleichsweise hohe Festigkeiten aufweisen, daß deren elektrische Leitfähigkeit sehr gering ist und gerade einmal 8 S·m/mm<sup>2</sup> erreichen. Die vergleichsweise hohe Zugfestig-

keit ist insbesondere für das Schneiden hoher Werkstücke oder aber auch von Kleinstteilen vorteilhaft, da hier hohe Drahtspannungen gefordert sind. Diese bekannten Drahtelektroden zeigen jedoch den Nachteil, daß deren Erodierleistung relativ gering ist. Insbesondere beim Schneiden von Kleinstteilen mit Erodierdrahtdurchmessern von bis zu 10  $\mu\text{m}$  werden hohe Drahtfestigkeiten verlangt, um Auslenkung und Vibration des Drahtes auf ein Minimum zu reduzieren. Für das Schneiden von Kleinstteilen mit Drahtstärken von 100  $\mu\text{m}$  und weniger wurden bisher Wolfram- bzw. Molybdändrähte eingesetzt, die extrem teuer in der Herstellung sind. Erodierdrähte mit einer Stahlseele sowie einer Messingmantelschicht konnten sich für diesen Einsatzzweck bisher nicht durchsetzen, da diese immer vergleichsweise zu Wolframdrähten eine niedrigere Festigkeit und ein schlechteres Erodierverhalten zeigten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, hochfeste Erodiererelektroden mit einer Seele aus Stahl der eingangs genannten Art sowie ein Verfahren zu deren Herstellung vorzuschlagen, die Festigkeiten aufweisen, die 1800 N/mm<sup>2</sup> betragen und übersteigen und die zudem eine vergleichsweise hohe Leitfähigkeit von 10 S·m/mm<sup>2</sup> und mehr haben.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruches 1 bzw. des Anspruches 6 gelöst.

Ein erfindungsgemäßer Erodierdraht besitzt somit einen Stahlkern K mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,6 bis 1 %, wobei auf diesem Stahlkern eine hochkupferhaltige Kupferlegierung als Zwischenschicht ZS aufgebracht ist. Diese Zwischenschicht wird von einer Mantelschicht MS bedeckt, die beim fertigen Erodierdraht aus einer

Zinklegierung besteht, deren Zinkanteil zwischen 40 und 60 % liegt. Für die Erreichung der vergleichsweise hohen Leitfähigkeit der Erodiererelektrode bei gleichermaßen hoher Festigkeit ist es Voraussetzung, daß der Kern ein patentiertes Gefüge aufweist, vorteilhaft aus Sorbit besteht, wobei zwischen der Mantelschicht und dem Kern eine weitere Schicht angeordnet ist, die hochkupferhaltig ist, d. h. nur gering legiert ist. Als Legierungselement hat sich hier Silber in Form der Legierung CuAgI als besonders vorteilhaft herausgestellt. Gleichermäßen ist eine Kupferlegierung mit einem geringen Zinkanteil für den vorgesehenen Einsatzzweck mit Vorteil zu verwenden. Auf dieser Zwischenschicht ist eine Mantelschicht aufgebracht, die aus einer Zinklegierung besteht, bei der der Zinkanteil mindestens 40 % erreicht und maximal 60 % betragen darf.

Die Herstellung einer erfindungsgemäßen Drahtelektrode könnte dadurch erfolgen, daß auf einen mit Kupfer ummantelten Stahlkern eine Hülle aus einem Messingrohr oder -band aufgebracht wird und dann im Anschluß daran der Verbund mittels Drahtziehen reduziert wird. Diese Art der Fertigung wird desto problematischer, je höher der Zinkanteil in der Mantelschicht sein soll. Ein weiteres Verfahren könnte darin bestehen, einen kupferummantelten Stahldraht im Tauchverfahren mit zinkhaltiger Mantelschicht zu versehen. Hier könnte der Zinkgehalt beliebig eingestellt werden. Die Schwierigkeit bei diesem Verfahren besteht darin, die Mantelschicht mit gleichmäßiger Stärke über den Umfang aufzubringen.

Ein sehr vorteilhaftes Verfahren für die Herstellung einer erfindungsgemäßen Drahtelektrode besteht darin, daß eine Stahlseele mit einem Kupfermantel ummantelt wird, wobei das Gefüge der Stahlseele in patentierter



- Form vorliegen sollte. Im Anschluß daran wird dann auf diese Kupferzwischen-schicht eine Zinklegierung aufgebracht, wobei im einfachsten Fall die Mantelschicht aus reinem Zink besteht. Im Anschluß daran erfolgt eine
- 5 Diffusionsglühung, deren Dauer in Abhängigkeit der Diffusionstemperatur so gewählt wird, daß die gesamte Mantelschicht eine Zinklegierung bildet, deren Zinkgehalt maximal 60 % beträgt. Die Dauer der Diffusionsglühung wird des weiteren so bestimmt, daß sich weiterhin die
- 10 geforderten Flächenanteile für den Kerndraht, die Zwischen-schicht und die Mantelschicht einstellen, wobei diese Flächenanteile der drei Bereiche nicht nur für die im Enddraht erzielte Festigkeit, sondern auch für dessen Leitfähigkeit maßgebend sind. Weiter ent-
- 15 scheidend für die Festigkeit aber auch für die Leitfähigkeit des Erodierdrahtes ist, daß im Enddraht der Kern aus einem patentierten Gefüge besteht, wobei hier gleichermaßen elektrische Leitfähigkeit und Festigkeit optimiert wird.
- 20 Nach der erfolgten Diffusionsglühung wird der Draht, dessen Kern im patentierten Zustand bereits vorliegen sollte, durch Ziehen auf seinen Durchmesser reduziert.
- Der Flächenanteil des Kernes an der Elektrode sollte zwischen 50 bis 75 % der Gesamtelektrode betragen. Der
- 25 Flächenanteil der Zwischen-schicht sollte zwischen 5 und 40 % und der Flächenanteil der Mantelschicht zwischen 10 bis 30 % liegen. Hält man des weiteren die Forderung ein, daß der Zinkgehalt der Mantelschicht zwischen 40 und 60, vorteilhaft bei etwas über 50 %, liegt, so erhält man eine Elektrode, die eine Leitfähigkeit hat,
- 30 die zwischen 10 und 18 S·m/mm<sup>2</sup> liegt, wobei gleichzeitig Festigkeiten erhalten werden, die zwischen 1800 und 2500 N/mm<sup>2</sup> liegen. Hierbei ist festzustellen, daß die

Forderung hoher Leitfähigkeit und hoher Festigkeit gegenläufig ist, d. h. ein erfindungsgemäßer Draht mit sehr hoher Festigkeit hat eine vergleichsweise niedrige elektrische Leitfähigkeit und umgekehrt. Die erfindungsgemäßen Drähte lassen sich bis auf Durchmesser von unter 10  $\mu\text{m}$  ziehen, d. h. auf Durchmesser, die für die bisher bekannten Anwendungsfälle ausreichend klein sind. Dabei hat sich als besonders vorteilhaft herausgestellt, daß diese Drähte mit dünnem Durchmesser ohne weiteres die bisher eingesetzten Wolfram- und Molybdändrähte ersetzen können und im Vergleich zu diesen wesentlich billiger in der Herstellung sind, keine Alterung aufzeigen, geringere Rohstoffkosten verursachen und darüber hinaus eine höhere Fertigungssicherheit bieten und gleichmäßige Erodierereigenschaften aufweisen. Die erreichte Fertigungsqualität ist so groß, daß praktisch kein Ausfall des erfindungsgemäßen Drahtes auf der Erodiermaschine eintritt, während der Ausfall des bisher eingesetzten Molybdän- bzw. Wolframdrahtes bis zu 50 % beträgt.

Bei Erodierdrähten mit Durchmessern über 100  $\mu\text{m}$  ist die hohe Festigkeit insbesondere dann von Vorteil, wenn Werkstücke größerer Höhe geschnitten werden sollen, da hier hohe Drahtspannungen erforderlich sind, um Durchbiegung und Vibrationen klein zu halten.

Eine erfindungsgemäße Elektrode zeichnet sich durch eine hohe Leitfähigkeit bei vergleichbar hoher Festigkeit aus. Darüber hinaus ist die Schnittqualität bei hoher Konturengenauigkeit sehr gut, wobei dies durch die hohe Drahtspannung aufgrund der hohen Festigkeit des Drahtes begünstigt wird.

#### ZUSAMMENFASSUNG:

Eine hochfeste Erodierелеktrode mit guter elektrischer Leitfähigkeit hat einen Kern aus Stahl, eine Zwischen-  
5 schicht aus Kupfer oder einer kupferhaltigen Legierung und eine Mantelschicht mit mindestens 40 % Zink. Hierbei weist der Stahlkern ein patentiertes Gefüge mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,6 bis 1 Gew.%  
10 auf, der einen Flächenanteil des Kernes 50 bis 75 % des Durchmesser der Erodierелеktrode einnimmt, wobei die Zwischen-  
schicht einen Flächenanteil von 5 bis 40 % und die Mantelschicht einen Flächenanteil von 10 bis 30 % aufweist und der Zinkgehalt der Mantelschicht zwischen 40 und 60 Gew.% beträgt. (Fig. 1)

1/1

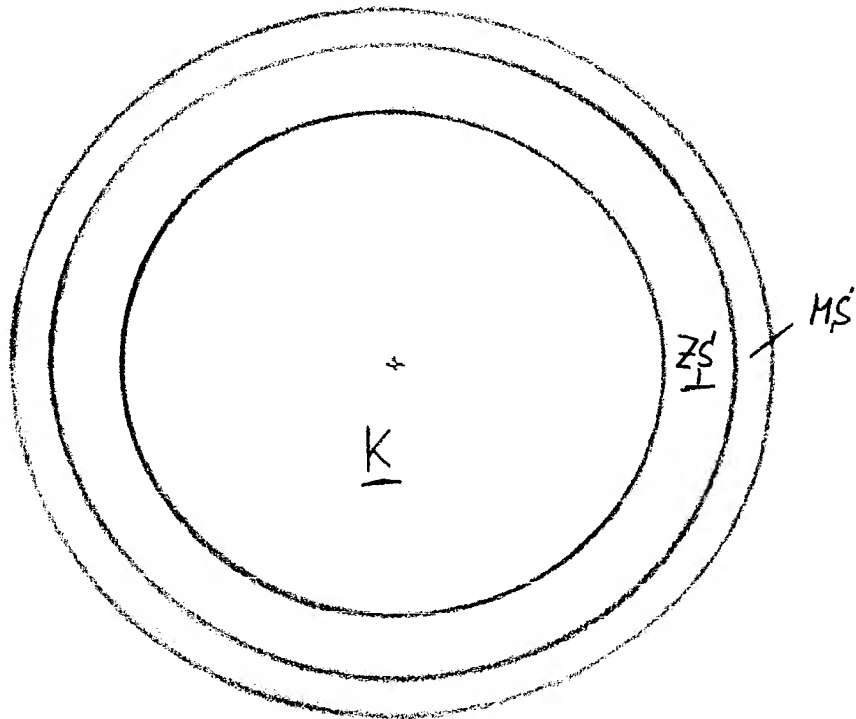


Fig. 1

Für die Zusammenfassung:

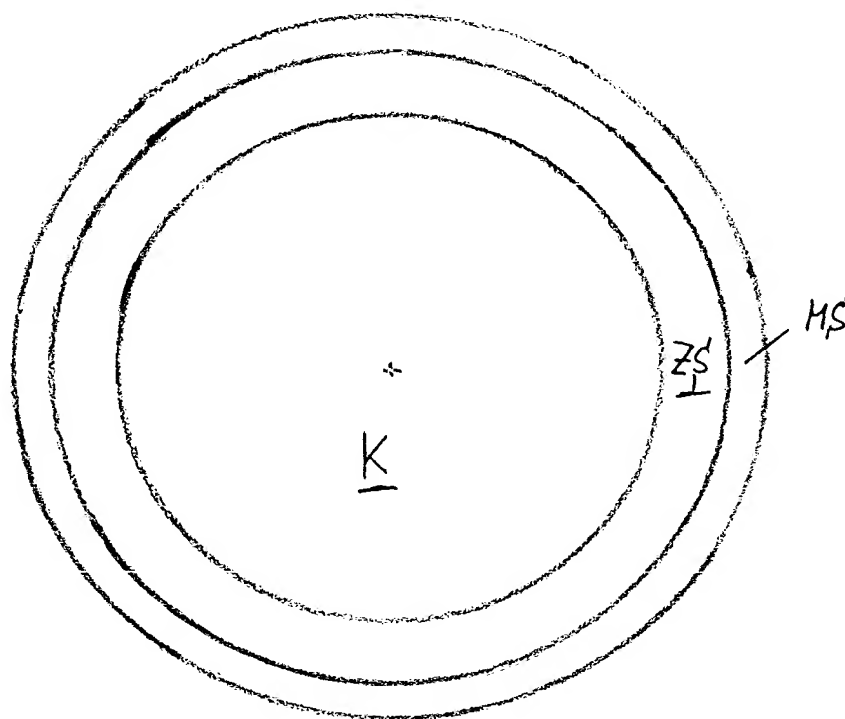


Fig. 1